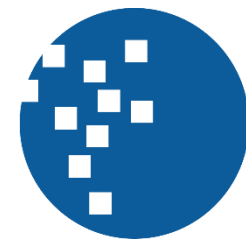


**KOMPARASI MODEL TRANSFORMER UNTUK  
DETEKSI METASTASIS KANKER PROSTAT  
BERDASARKAN CITRA MRI**



**UMN**

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

**SKRIPSI**

**Kimi Axel Wijaya**

**00000062800**

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI  
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA  
TANGERANG**

**2024**

**KOMPARASI MODEL TRANSFORMER UNTUK  
DETEKSI METASTASIS KANKER PROSTAT  
BERDASARKAN CITRA MRI**



Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Komputer (S.Kom.)

**Kimi Axel Wijaya**

**00000062800**

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI  
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA  
TANGERANG**

**2024**

## HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Kimi Axel Wijaya

Nomor Induk Mahasiswa : 00000062800

Program Studi : Sistem Informasi

Skripsi dengan judul:

**“KOMPARASI MODEL TRANSFORMER UNTUK DETEKSI METASTASIS KANKER PROSTAT BERDASARKAN CITRA MRI”**

Merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari laporan karya tulis ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan maupun dalam penulisan laporan karya tulis ilmiah, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan **TIDAK LULUS** untuk Tugas Akhir yang telah saya tempuh.

Tangerang, 29 November 2024



Kimi Axel Wijaya

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kimi Axel Wijaya

NIM : 00000062800

Program Studi : Sistem Informasi

Jenjang : ~~D3~~/S1/S2\* (pilih salah satu)

Judul Karya Ilmiah : KOMPARASI MODEL TRANSFORMER  
UNTUK DETEKSI METASTASIS KANKER PROSTAT BERDASARKAN  
CITRA MRI

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia\* (pilih salah satu):

- ☒ Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh Sivitas Akademika UMN/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial.
- ☐ Saya tidak bersedia mempublikasikan hasil karya ilmiah ini ke dalam repositori Knowledge Center, dikarenakan: dalam proses pengajuan publikasi ke jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*) .
- ☐ Lainnya, pilih salah satu:
  - ☐ Hanya dapat diakses secara internal Universitas Multimedia Nusantara
  - ☐ Embargo publikasi karya ilmiah dalam kurun waktu 3 tahun.

Tangerang, 29 November 2024



(Kimi Axel Wijaya)

\* Pilih salah satu

Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk dipublikasikan ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, rahmat, dan kasih-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Komparasi Model Transformer untuk Deteksi Metastasis Kanker Prostat Berdasarkan Citra MRI”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan Program Strata 1 Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara. Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini dapat tercapai tepat waktu berkat dukungan dan bantuan yang diberikan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ninok Leksono, selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Bapak Dr. Eng. Niki Prastomo, ST, M.SC, selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara.
3. Ibu Ririn Ikana Desanti, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sistem Informasi, Universitas Multimedia Nusantara.
4. Ibu Monika Evelin Johan, S.Kom., M.M.S.I., selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sehingga terselesainya tugas akhir ini.
5. Ibu Dr. Irmawati, S.Kom., M.M.S.I, selaku pembimbing lapangan MBKM penelitian yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sehingga terselesainya tugas akhir ini.
6. Keluarga penulis yang telah memberikan banyak bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman yang senantiasa memberikan motivasi, dukungan, dan semangat sepanjang proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis membuka diri terhadap segala kritik dan saran yang membangun. Harapan penulis, penelitian ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam pengembangan teknologi di bidang deteksi kanker prostat, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Akhir kata, semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan baik sebagai referensi informasi maupun sebagai sumber inspirasi bagi para pembaca, dan dapat memberikan kontribusi positif bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Tangerang, 29 November 2024



(Kimi Axel Wijaya)



# KOMPARASI MODEL TRANSFORMER UNTUK DETEKSI METASTASIS KANKER PROSTAT BERDASARKAN CITRA MRI

(Kimi Axel Wijaya)

## ABSTRAK

Kanker prostat adalah penyebab kematian terkait kanker peringkat kelima di dunia dan menjadi tantangan kesehatan signifikan di Indonesia. Metode diagnostik tradisional, seperti pengujian *Prostate Specific Antigen* dan biopsi, sering kali gagal mendeteksi kanker prostat stadium awal atau metastasisnya secara akurat, yang dapat menyebabkan overtreatment. Deteksi metastasis yang akurat sangat penting untuk mendukung pengobatan yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan membandingkan model *Vision Transformer* (ViT) dan *Data-efficient Image Transformer* (DeiT) dalam mendeteksi metastasis kanker prostat berdasarkan citra MRI, dengan menggunakan kerangka kerja CRISP-DM serta teknik pemrosesan gambar seperti *thresholding Otsu* untuk meningkatkan kinerja model.

Penelitian ini menggunakan *dataset* MRI berlabel dengan enam kelas metastasis (Mx, M0, M1, M1a, M1b, M1c). Model dilatih menggunakan augmentasi gambar, *tuning hyperparameter*, dan pemrosesan gambar biner. Kinerja dievaluasi dengan membandingkan akurasi, metrik validasi, dan *loss* pelatihan pada berbagai konfigurasi.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa DeiT mengungguli ViT dalam mendeteksi metastasis, terutama pada *dataset* kecil berisi 6087 gambar. DeiT mencapai akurasi tinggi yang mencapai 99.67% dan *loss* yang rendah sebesar 0.0082 saat dilatih dengan gambar MRI biasa menggunakan *hyperparameter* yang sudah dioptimalkan. Meskipun *thresholding Otsu* dapat meningkatkan efisiensi komputasi, dampaknya terhadap akurasi tidak terlalu signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa DeiT, dengan efisiensi pelatihan dan performanya yang baik, lebih cocok untuk deteksi metastasis kanker prostat pada *dataset* yang terbatas.

**Kata kunci:** *Deep Learning*, Deteksi Metastasis, MRI, Kanker Prostat, Transformer

# **COMPARISON OF TRANSFORMER MODELS FOR PROSTATE CANCER METASTASIS DETECTION BASED ON MRI IMAGES**

(Kimi Axel Wijaya)

## **ABSTRACT (English)**

*Prostate cancer is the fifth leading cause of cancer-related deaths worldwide and poses a significant health challenge in Indonesia. Traditional diagnostic methods, such as Prostate Specific Antigen testing and biopsies, often fail to accurately detect early-stage prostate cancer or its metastasis, leading to potential overtreatment. Accurate detection of metastasis is crucial for guiding effective treatments. This study aims to develop and compare Vision Transformer (ViT) and Data-efficient Image Transformer (DeiT) models for detecting prostate cancer metastasis from MRI images, using the CRISP-DM framework and image preprocessing techniques like Otsu's thresholding to enhance model performance.*

*The study employs a labeled MRI dataset with six metastasis classes ( $M_x$ ,  $M_0$ ,  $M_1$ ,  $M_{1a}$ ,  $M_{1b}$ ,  $M_{1c}$ ). Models were trained with image augmentations, hyperparameter tuning, and binary image preprocessing. Performance was evaluated by comparing accuracy, validation metrics, and training loss across different configurations.*

*The experiment results revealed that DeiT outperforms ViT in metastasis detection, particularly on a small dataset consisting of 6,087 images. DeiT achieved a high accuracy of 99.67% and a low loss of 0.0082 when trained on standard MRI images using optimized hyperparameters. Although Otsu thresholding can enhance computational efficiency, its impact on accuracy was minimal. These findings suggest that DeiT, with its superior training efficiency and performance, is better suited for prostate cancer metastasis detection on limited datasets.*

**Keywords:** Deep Learning, Metastasis Detection, MRI, Prostate Cancer, Transformer



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT (English).....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR RUMUS .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	7
1.3    Batasan Masalah.....	7
1.4    Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	7
1.4.1    Tujuan Penelitian .....	7
1.4.2    Manfaat Penelitian .....	8
1.5    Sistematika Penulisan .....	9
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>10</b>
2.1    Penelitian Terdahulu .....	10
2.2    Tinjauan Teori.....	18
2.2.1    Kanker Prostat.....	18
2.2.2 <i>Prostate Cancer Staging</i> .....	18
2.2.3 <i>Deep Learning</i> .....	21
2.2.4    Transformer.....	22
2.2.5 <i>Image Processing</i> .....	22
2.3    Tinjauan Framework/Algoritma yang Digunakan .....	23
2.3.1    CRISP-DM.....	23
2.3.2 <i>Vision Transformer (ViT)</i> .....	25
2.3.3 <i>Data-efficient Image Transformer (DeiT)</i> .....	27

2.3.4	<i>Thresholding</i>	29
2.3.5	<i>Confusion Matrix</i>	31
2.3.6	<i>ROC Curve</i>	33
2.4	Tinjauan Tools/Software yang Digunakan	35
2.4.1	Python	35
2.4.2	Jupyter Notebook	35
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		36
3.1	Gambaran Umum Objek Penelitian	36
3.2	Metode Penelitian	37
3.2.1	Alur Penelitian	37
3.2.2	Metode <i>Data Mining</i>	39
3.3	Teknik Pengumpulan Data	40
3.4	Teknik Analisis Data	40
3.4.1	<i>Business Understanding</i>	40
3.4.2	<i>Data Understanding</i>	41
3.4.3	<i>Data Preparation</i>	43
3.4.4	<i>Modeling</i>	45
3.4.5	<i>Evaluation</i>	46
3.4.6	<i>Deployment</i>	47
<b>BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN</b>		48
4.1	<i>Business Understanding</i>	48
4.2	<i>Data Understanding</i>	49
4.2.1	Deskripsi <i>Dataset</i>	49
4.2.2	Proses Pembentukan <i>Dataset</i>	49
4.2.3	Konversi DICOM menjadi PNG	51
4.2.4	<i>Exploratory Data Analysis (EDA)</i>	52
4.3	<i>Data Preparation</i>	55
4.3.1	Pembagian <i>Dataset (Split Dataset)</i>	55
4.3.2	<i>Image Processing (Thresholding)</i>	57
4.3.3	Pengubahan Ukuran ( <i>Resizing</i> ) dan Normalisasi Data	58
4.4	<i>Modeling</i>	59
4.4.1	Eksperimen 1: Model Transformer Tanpa <i>Tuning</i>	59

4.4.2	Eksperimen 2: Model Transformer dengan menggunakan augmentasi dan <i>tuning hyperparameter</i> .....	66
4.5	<i>Evaluation</i> .....	74
4.5.1	Hasil Eksperimen .....	74
4.5.2	ROC Curve.....	76
4.5.3	Confusion Matrix .....	79
4.6	<i>Deployment</i> .....	85
4.7	Pembahasan Hasil dan Diskusi .....	88
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b> .....		90
5.1	Simpulan.....	90
5.2	Saran .....	91
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		92
<b>LAMPIRAN</b> .....		99



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	10
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu terkait Image Processing.....	12
Tabel 2.3 Tabel Staging TNM .....	19
Tabel 3.1 Perbandingan Metodologi Data Mining.....	39
Tabel 3.2 Contoh Gambar Mri Prostat dalam Format PNG dengan Setiap Kelas Metastasis.....	41
Tabel 4.1 Metadata Dataset MRI Spine .....	52
Tabel 4.2 Hasil Akhir Pembagian Dataset .....	56
Tabel 4.3 Hasil Eksperimen Model Transformer Tanpa Tuning .....	65
Tabel 4.4 Hasil Eksperimen Model Transformer dengan Tuning.....	73
Tabel 4.5 Tabel Hasil Keseluruhan Eksperimen Model Transformer .....	74
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu .....	89

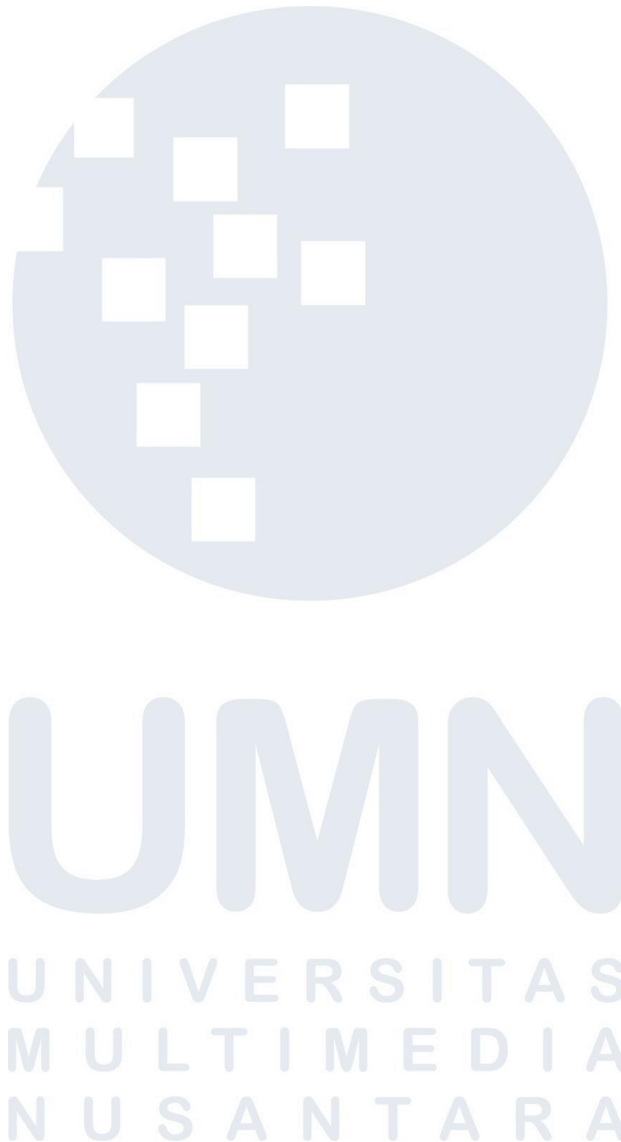


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Jenis Kanker Penyebab Kematian di Seluruh Dunia Tahun 2022 .....	1
Gambar 1.2 Jenis Kanker Penyebab Kematian pada Pria di Seluruh Dunia Tahun 2022.....	2
Gambar 2.1 Alur CRISP-DM.....	23
Gambar 2.2 Arsitektur Vision Transformers .....	26
Gambar 2.3 Prosedur Distilasi pada Model DeiT .....	28
Gambar 2.4 Teknik Thresholding untuk Mengubah Gambar Menjadi Biner .....	30
Gambar 2.5 Confusion Matrix .....	32
Gambar 2.6 Contoh Kurva ROC .....	34
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	37
Gambar 3.2 MRI Prostat dengan kelas M0 dari sudut tulang belakang ( <i>spine</i> ) ...	42
Gambar 3.3 MRI Prostat dengan kelas M1 dari sudut tulang belakang ( <i>spine</i> ) ...	42
Gambar 3.4 MRI Prostat dengan kelas M1a dari sudut tulang belakang ( <i>spine</i> )..	42
Gambar 3.5 MRI Prostat dengan kelas M1b dari sudut tulang belakang ( <i>spine</i> ) .	42
Gambar 3.6 MRI Prostat dengan kelas M1c dari sudut tulang belakang ( <i>spine</i> )..	42
Gambar 3.7 MRI Prostat dengan kelas Mx dari sudut tulang belakang ( <i>spine</i> ) ...	43
Gambar 4.1 Contoh Dataset Pasien dalam Format DICOM .....	49
Gambar 4.2 Alur proses pembentukan dataset.....	50
Gambar 4.3 Contoh Lembar Data Rekam Medis .....	52
Gambar 4.4 Distribusi Jenis Metastasis .....	53
Gambar 4.5 Distribusi Lokasi Metastasis .....	53
Gambar 4.6 Distribusi Jumlah Gambar pada Setiap Kelas .....	54
Gambar 4.7 Import Library untuk Pembagian Dataset .....	55
Gambar 4.8 Parameter untuk Pembagian Dataset.....	55
Gambar 4.9 Fungsi untuk Melakukan Pembagian Dataset .....	56
Gambar 4.10 Penerapan Teknik Otsu Thresholding pada Tahap Image Processing .....	57
Gambar 4.11 Contoh Gambar MRI Biasa Sebelum Dibinarisasi .....	58
Gambar 4.12 Gambar MRI yang Menjadi Biner Setelah Diterapkan Teknik Otsu Thresholding .....	58
Gambar 4.13 Proses Resizing dan Normalisasi .....	58
Gambar 4.14 Import Library dan Inisiasi CUDA untuk Modeling.....	59
Gambar 4.15 Load Dataset untuk Modeling .....	60
Gambar 4.16 Inisiasi Model Vision Transformer .....	61
Gambar 4.17 Hasil Modeling Vision Transformer pada Data MRI Biasa.....	62
Gambar 4.18 Hasil Modeling Vision Transformer pada Data MRI Biner.....	62
Gambar 4.19 Inisiasi Model Data-efficient Image Transformer.....	63
Gambar 4.20 Hasil Modeling Data-efficient Image Transformer pada Data MRI Biasa.....	64
Gambar 4.21 Hasil Modeling Data-efficient Image Transformer pada Data MRI Biner.....	64

Gambar 4.22 Proses Augmentasi .....	67
Gambar 4.23 Contoh Hasil Augmentasi .....	68
Gambar 4.24 Distribusi Gambar pada Setiap Kelas Sebelum dan Sesudah Augmentasi .....	68
Gambar 4.25 Hyperparameter Tuning untuk Model ViT .....	69
Gambar 4.26 Hasil Modeling ViT dengan Tuning pada Data MRI Biasa.....	70
Gambar 4.27 Hasil Modeling ViT dengan Tuning pada Data MRI Biner.....	70
Gambar 4.28 Hyperparameter Tuning untuk Model DeiT.....	71
Gambar 4.29 Hasil Modeling DeiT dengan Tuning pada Data MRI Biasa .....	72
Gambar 4.30 Hasil Modeling DeiT dengan Tuning pada Data MRI Biner .....	72
Gambar 4.31 Pembuatan Kurva ROC .....	76
Gambar 4.32 ROC Model ViT dengan Data MRI Biasa .....	77
Gambar 4.33 ROC Model ViT dengan Data MRI Biner .....	77
Gambar 4.34 ROC Model DeiT dengan Data MRI Biasa .....	77
Gambar 4.35 ROC Model DeiT dengan Data MRI Biner .....	77
Gambar 4.36 ROC Model ViT dengan Tuning pada Data MRI Biasa .....	78
Gambar 4.37 ROC Model ViT dengan Tuning pada Data MRI Biner .....	78
Gambar 4.38 ROC Model DeiT dengan Tuning pada Data MRI Biasa .....	78
Gambar 4.39 ROC Model DeiT dengan Tuning pada Data MRI Biner .....	78
Gambar 4.40 Pembuatan Confusion Matrix dan Classification Report.....	79
Gambar 4.41 Confusion Matrix Model ViT dengan Data MRI Biasa.....	80
Gambar 4.42 Classification Report Model ViT dengan Data MRI Biasa.....	80
Gambar 4.43 <i>Confusion Matrix</i> Model ViT dengan Data MRI Biner .....	80
Gambar 4.44 Classification Report Model ViT dengan Data MRI Biner.....	80
Gambar 4.45 Confusion Matrix Model DeiT dengan Data MRI Biasa .....	81
Gambar 4.46 Classification Report Model DeiT dengan Data MRI Biasa.....	81
Gambar 4.47 <i>Confusion Matrix</i> Model DeiT dengan Data MRI Biner .....	81
Gambar 4.48 Classification Report Model DeiT dengan Data MRI Biner.....	81
Gambar 4.49 Confusion Matrix Model ViT dengan Tuning pada Data MRI Biasa .....	83
Gambar 4.50 Classification Report Model ViT dengan Tuning pada Data MRI Biasa.....	83
Gambar 4.51 <i>Confusion Matrix</i> Model ViT dengan <i>Tuning</i> pada Data MRI Biner .....	83
Gambar 4.52 Classification Report Model ViT dengan Tuning pada Data MRI Biner.....	83
Gambar 4.53 Confusion Matrix Model DeiT dengan Tuning pada Data MRI Biasa .....	83
Gambar 4.54 Classification Report Model DeiT dengan Tuning pada Data MRI Biasa.....	83
Gambar 4.55 <i>Confusion Matrix</i> Model DeiT dengan <i>Tuning</i> pada Data MRI Biner .....	84

Gambar 4.56 Classification Report Model DeiT dengan Tuning pada Data MRI Biner.....	84
Gambar 4.57 Proses Load Model untuk Deployment.....	86
Gambar 4.58 Proses Inferensi Model.....	87
Gambar 4.59 Tampilan Website untuk Mendeteksi Metastasis Kanker Prostat...	87
Gambar 4.60 Contoh Hasil Prediksi yang Dilakukan pada Website .....	88



## DAFTAR RUMUS

(2.1) Rumus <i>Accuracy</i> .....	32
(2.2) Rumus <i>Precision</i> .....	33
(2.3) Rumus <i>Recall</i> .....	33
(2.4) Rumus <i>F1-Score</i> .....	33



UMN  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Turnitin Similarity Report .....	99
Lampiran B Form Konsultasi Bimbingan .....	109
Lampiran C Daftar Alat Yang Digunakan .....	110



UMN  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA